

PODER MECÁNICO EN PACIENTES CON INFECCIÓN POR SARS-COV2 Y VENTILADOS POR OTRAS CAUSAS Y SU RELACIÓN DÍAS DE VENTILACIÓN MECÁNICA, ESTANCIA EN UCI Y MORTALIDAD.

Alejandro Rivera-Palacios,¹ Johana Andrea España-Chamorro². José Fernando Gómez-González³ Guillermo Salazar-Gutierrez⁴, Diana Ávila-Reyes⁵ Paula Andrea Moreno-Gutiérrez ⁶ Angie Vanessa Lara-Martinez⁷ Mateo Aguirre-Flórez⁸

1 Médico Intensivista, Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia. <https://orcid.org/0000-0001-9285-5329>

2. Especialista en Ginecología y obstetricia. Universidad de Caldas. Especialista en Medicina Crítica y Cuidados Intensivos. Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia. <https://orcid.org/0000-0003-4857-156>

3. Médico intensivista. Director de Especialización en Medicina Crítica y Cuidados Intensivos. Director Grupo Investigación de Medicina Crítica y Cuidados Intensivos GIMCCI. Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-2789-314X>

4. Médico Intensivista. Docente ventilación mecánica del programa de postgrado Medicina Crítica y Cuidados Intensivos, Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia. <https://orcid.org/0000-0001-6345-6003>

5. Médica intensivista. Grupo Investigación de Medicina Crítica y Cuidados Intensivos GIMCCI. Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia. <https://orcid.org/0000-0001-7140-5046>

6. Médica epidemióloga MSc. Docente fundación Universitaria Autónoma de las Américas, Pereira, Colombia. <https://orcid.org/0000-0003-2602-7626>

7. Fisioterapeuta, Especialista en Cuidado Crítico del Adulto. Clínica Los Rosales, Pereira, Colombia.

8. Facultad de Ciencias de la Salud. Programa Medicina. Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia. <https://orcid.org/0000-0003-0365-562X>

*Corresponding Authors. E-mails: riveralejo1124@gmail.com

Words count: | Abstract: | Manuscript: | References: | Tables: | Figures: | Images:

RESUMEN

Introducción. La lesión pulmonar inducida por la ventilación mecánica o VILI por sus siglas en inglés, depende de la cantidad de energía por minuto transferida por el ventilador al pulmón medida en julios, la cual se denomina poder mecánico. La ecuación de poder mecánico que permite su aplicabilidad en la práctica clínica se deriva de la ecuación del movimiento respiratorio más el valor de la presión positiva al final de la espiración o PEEP por sus siglas en inglés, multiplicado por la frecuencia respiratoria y el volumen corriente. Esta ecuación tiene en cuenta tres componentes importantes: la elastancia del sistema respiratorio, la resistencia de la vía aérea y el tercer componente es la energía necesaria para superar la tensión de las fibras. El poder mecánico es una variable en desarrollo al igual que su relación con desenlaces en los pacientes críticamente enfermos.

Objetivo: Describir el valor del poder mecánico en pacientes con infección por sars-cov2 y ventilados por otras causas y su relación días de ventilación mecánica, estancia en uci y mortalidad.

Materiales Y métodos. Se realizó un observacional analítico de cohorte concurrente, multicéntrico. Se incluyó a los pacientes que requirieron ventilación mecánica invasiva con infección por SARS-COV-2 y ventilados por otras causas, por más de 24 horas analizando el poder mecánico y su relación con días de ventilación mecánica, estancia en uci y mortalidad siguiendo la lista de chequeo de calidad de estudios STROBE. Los datos fueron analizados utilizando el programa R studio 1.2.5 para Windows. Se midió la correlación entre los parámetros ventilatorios y los desenlaces clínicos (días de estancia en UCI y días de ventilación mecánica invasiva) utilizando la Rho de Spearman. Se realizó el análisis por subgrupos según variables clínicas y la presencia o no del diagnóstico de COVID 19. Para analizar la relación entre el poder mecánico y los días de ventilación mecánica, estancia en UCI y mortalidad, se realizaron análisis de correlación entre variables numéricas mediante rho de Spearman. Se realizó análisis de sobrevida mediante regresión de Cox y se estableció la significancia estadística con un intervalo de confianza 95%.

Resultados. La cohorte incluyó 91 pacientes en ventilación mecánica en 3 centros de tercer nivel de la ciudad de Pereira, Colombia. El valor promedio del poder mecánico hallado fue $22,7 \pm 1$, siendo significativamente más alto en el subgrupo de pacientes con COVID ($26,8 \pm 9$) que en el subgrupo sin diagnóstico de COVID ($18,2 \pm 1$, $p < 0,001$). El promedio de estancia en UCI fue $12,3 \pm 6,2$ días y el promedio de días con soporte ventilatorio mecánico invasivo fue $9,2 \pm 5,6$. El 62,6% ($n=57$) murieron y la ocurrencia de desenlaces fue similar entre ambos grupos. No se encontró relación con el poder mecánico en el análisis de sobrevida mediante regresión de Cox para el riesgo de muerte.

Conclusión: El poder mecánico es una variable a tener en cuenta en la monitoria de la ventilación mecánica. El presente estudio encontró un valor promedio de poder mecánico de $22,7 \pm 1$ julios/min, siendo mayor en los pacientes con COVID19, el cual se relaciona con mayores días de ventilación mecánica y mayor estancia en UCI, sin encontrar una relación en el análisis de sobrevida.

MeSH Keywords: Respiratory distress syndrome, Artificial respiration, SARS-CoV-2, Coronavirus. Critical care.

DeCS Keywords: Coronavirus Infections, critical care, Respiration, Artificial, respiratory distress syndrome, SARS

¿POR QUÉ ESTE ARTICULO ES NOVEDOSO?

Sección 1: ¿Qué sabemos del tema?

Se origina VILI a partir de la interacción entre la potencia o poder mecánico transferido al parénquima pulmonar ventilable y las características anatomopatológicas del pulmón. El poder mecánico también se asocia con la mortalidad en la UCI, mortalidad a los 30 días y con los días libres de ventilación mecánica. Incluso con un volumen tidal bajo, el poder mecánico (MP), alto también se asoció con la mortalidad hospitalaria. La literatura ha documentado que existe un aumento constante en el riesgo de muerte con poder mecánico superior a 17 Julos/min.

Gattinoni y su grupo realizaron el análisis de las variables que más aportaban al poder mecánico se encontraron el flujo, la presión de conducción y el volumen tidal en 2 veces respecto a las otras variables dándole una menor importancia a la frecuencia respiratoria que aumentaba 1.4 veces el poder mecánico.

Sección 2: ¿Qué aporta este estudio? Este estudio es novedoso ya que evalúa los desenlaces clínicos relacionados con el poder mecánico en pacientes ventilados por diferentes causas, incluyendo pacientes con infección por SARS-COV2 en el marco de la pandemia. Aunque con brechas en el conocimiento, hay evidencia que las variables del poder mecánico deben ser administradas con cautela, con el objetivo de brindar una ventilación mecánica segura y lograr que durante cada respiración haya una menor transmisión de energía o poder mecánico al parénquima pulmonar ya lesionado, evitando de esta forma el aumento exponencial del VILI.

INTRODUCCIÓN

La insuficiencia respiratoria aguda es una de las principales razones de ingreso a las unidades de cuidado intensivo (UCI), y la ventilación mecánica es el soporte utilizado para sostener la función respiratoria el tiempo necesario hasta que la condición clínica que la origino se resuelva⁽¹⁾. Los objetivos de la ventilación mecánica son mejorar el intercambio de gases, disminuir el trabajo respiratorio del paciente y obtener tiempo mientras se restablece la fisiología respiratoria y sistémica del paciente. La decisión de instaurar ventilación mecánica en un paciente dependerá de múltiples factores que enfrentan los clínicos en un momento determinado, como la disponibilidad de camas de UCI, los factores pronósticos del paciente y su condición clínica actual ⁽¹⁾.

La ventilación mecánica tiene indicaciones precisas, se prescribe con el objetivo de alcanzar unas metas terapéuticas, requiere monitoría y control para limitar sus posibles efectos deletéreos que están englobados en el concepto de lesión pulmonar asociada con la ventilación mecánica (LPAVM) o VILI (ventilator-induced lung injury)⁽²⁾. Clásicamente se describen cuatro mecanismos de VILI: barotrauma, volutrauma, atelectrauma y biotrauma. En el año 2016 se introdujo el concepto de ergotrauma con base en los conocimientos experimentales de la teoría de la viscoelasticidad la cual se sustenta en tres conceptos de la física de los materiales: la tensión o estrés, la deformación relativa o strain y la velocidad de la deformación o strain rate⁽³⁾.

Se debe tener en cuenta también el mecanismo que originó la lesión pulmonar, la heterogeneidad del pulmón enfermo la cual determina la presencia de variaciones regionales con unidades alveolares colapsadas u ocupadas y regiones alveolares distendidas, sometiendo así a ciertas áreas pulmonares a mayor estrés y colapso cíclico. De esta forma, la lesión pulmonar inducida por la ventilación es resultado de la interacción entre variables programadas en el ventilador por el clínico y la forma cómo estas afectan al parénquima pulmonar⁽²⁾.

Los determinantes de VILI incluyen: las presiones suministradas, el volumen y el flujo, así como la veces que éstas variables son administradas por unidad de tiempo⁽⁴⁾. Se ha planteado la hipótesis que el VILI depende de la cantidad de energía por minuto que el ventilador transfiere al pulmón medida en julios, la cual se denomina potencia mecánica o poder mecánico. Esta energía se utiliza principalmente para superar la resistencia de las vías respiratorias y expandir la pared torácica. Una fracción de esta energía actúa directamente en la matriz extracelular, deformando las células epiteliales y endoteliales ancladas a ella, de hecho, la ventilación mecánica está asociada con una disipación sustancial de la energía, que probablemente resulte en lesión térmica en el tejido pulmonar.

En la generación de esta forma de energía intervienen parámetros potencialmente causantes de daño pulmonar, como las características estáticas del ciclo respiratorio y parámetros dinámicos que hasta ahora no se habían tenido en cuenta cómo la frecuencia respiratoria la cual determina una mayor intensidad del efecto deletéreo cuantas más veces se entregue por unidad de tiempo una determinada cantidad de energía⁽²⁾.

La energía transferida puede ser calculada mediante la ecuación de poder mecánico que permite su aplicabilidad en la práctica clínica y se deriva de la ecuación del movimiento respiratorio más la adición del valor de la PEEP, multiplicado por la frecuencia respiratoria y el volumen tidal, teniendo en cuenta tres componentes importantes: la elastancia del sistema respiratorio, la resistencia de la vía aérea y el tercer componente es igual a la energía necesaria para superar la tensión de las fibras debido a la PEEP⁽⁵⁾. Para el cálculo del poder mecánico (PM) se utilizó fórmula simplificada propuesta por Gattinoni y su equipo⁽⁵⁾: Poder mecánico (Julio/min)= $0.098 \times (\text{frecuencia respiratoria}) \times (\text{volumen tidal}) \times [\text{presión pico} - (\Delta P/2)]$.

El poder mecánico se proyecta como otra de las variables a controlar dentro de las estrategias de protección pulmonar⁽⁶⁾. En estudios experimentales realizados en animales se estableció en 12 Julios/min de poder mecánico el umbral de energía a partir del cual inician los cambios en el pulmón que pueden conducir a VILI⁽⁷⁾. En los estudios existentes de medición del poder mecánico en humanos el valor umbral que potencialmente se asocia con el desarrollo de VILI varía entre los estudios; El análisis de 8.207 pacientes de dos cohortes observacionales de las bases de datos MIMIC-III y eICU, de pacientes quienes recibieron ventilación mecánica por al menos 48 horas, la mediana de poder mecánico a las 24 horas fue de 21.4 (16.2–28.1) Julios/min, en el MIMIC-III y de 16.0 (11.7–22.1) Julios/min, en el eICU; En el desenlace primario, mortalidad hospitalaria, incluso con volumen corriente bajo el poder mecánico se asoció de forma independiente con mortalidad hospitalaria por cada aumento de 5 Julios/min. (OR: 1,06), (IC: 95% 1,01-1,11); $p = 0.021$ en el MIMIC-III, y (OR: 1,10), (IC: 95% 1.02–1.18); $p = 0.010$ en el eICU⁽⁸⁾. En un estudio realizado en México con 40 pacientes en quienes se calculó el poder mecánico en las primeras 24 horas de estancia en la unidad de cuidado intensivo se encontró adecuada capacidad predictiva para determinar días libres de ventilación mecánica invasiva utilizando un punto de corte en 13 Joules/min⁽⁹⁾.

Objetivo: Describir el valor del poder mecánico en pacientes con infección por SARS-CoV2 y ventilados por otras causas y su relación con días de ventilación mecánica, estancia en uci y mortalidad, en pacientes que recibieron ventilación mecánica en modo controlado por volumen por más de 24 horas en tres unidades de cuidado intensivo de la ciudad de Pereira, entre julio y agosto de 2020.

Como objetivo secundario se describen las características demográficas y algunas características clínicas de los pacientes y los parámetros ventilatorios promedios utilizados en los subgrupos.

METODOS:

Diseño estudio: Estudio observacional analítico de cohorte concurrente, multicéntrico.

Participantes: Pacientes ingresados entre el primero de julio y el 31 de agosto de 2020, en las unidades de cuidados intensivos del Hospital Universitario San Jorge de Pereira, Clínica Los Rosales y Clínica Comfamiliar Risaralda, de la ciudad de Pereira, que requirieron soporte ventilatorio invasivo en modo controlado por volumen por más de 24 horas. Se realizó muestro por conveniencia que incluyera todos los pacientes hospitalizados en los centros de estudio que cumplieran con los criterios de inclusión.

Criterios Elegibilidad Cohorte: Pacientes mayores de 18 años, con ventilación mecánica en modo controlado por volumen durante más de 24 horas. Se excluyeron pacientes con antecedente de haber recibido ventilación mecánica en los 30 días previos, mujeres en embarazo, pacientes con ventilación mecánica en modos diferentes a volumen controlado y registros dobles e incompletos.

Fuentes de datos.

Los datos se recolectaron por los autores y colaboradores del estudio entre julio y agosto de 2020 mediante un formulario escrito de recolección de la información (Anexo 1) a partir de la historia clínica electrónica. Se revisó la hoja de monitoría de la ventilación mecánica de cada institución para obtener los parámetros ventilatorios. Para el cálculo del poder mecánico se realizaron dos mediciones de donde se obtuvieron los datos para realizar la ecuación. Las mediciones se ejecutaron al momento de la intubación e inicio de la ventilación mecánica en los pacientes y la segunda medición se realizó a las 24 horas de la primera medida; Las mediciones fueron realizadas por parte de un terapeuta respiratorio o fisioterapeuta con experiencia en cuidado crítico respiratorio del adulto siguiendo el protocolo descrito en el anexo 2.

Variables

Se obtuvieron los registros de las siguientes variables: datos demográficos (edad, sexo, enfermedades previas), necesidad de soporte inotrópico y terapia renal, diagnósticos, signos vitales, puntajes de severidad de UCI (APACHE II -SOFA) realizada al paciente durante el ingreso a la unidad de cuidado intensivo. Parámetros ventilatorios: volumen corriente o tidal (V_t), nivel de presión positiva al final de la espiración (PEEP), presión máxima o pico (P_{pico}), frecuencia respiratoria (Fr), relación inspiración: espiración (I:E), tiempo inspiratorio (T_i), y durante una pausa al final de la inspiración se registrará presión meseta de la vía aérea (P_{plat}).

Las variables secundarias se calcularon de la siguiente forma:

- Distensibilidad (C) = $V_t / (P_{plat} - PEEP)$, se realizó la medición de Compliance dinámica y estática, esta última sólo si el paciente se encuentra bajo relajación neuromuscular por indicación médica; Para el cálculo de la compliance dinámica se tuvo en cuenta que el índice de asincronía fuere menor al 10% para garantizar la confiabilidad de las medidas realizadas.
- Elastancia (E) = $1/C$, como el inverso de la distensibilidad.
- Presión de conducción de la vía aérea (ΔP_{aw}):

$$\Delta P_{aw}: P_{plat} - PEEP. \Rightarrow V_t / C \Rightarrow E \times V_t.$$

Para el cálculo del poder mecánico (PM) se utilizó la fórmula simplificada propuesta por Gattinoni y su equipo⁽⁵⁾. Poder mecánico (Julio/min) = $0.098 \times (\text{frecuencia respiratoria}) \times (\text{volumen tidal}) \times [\text{presión pico} - (\Delta P/2)]$.

Desenlaces: los desenlaces clínicos medidos fueron el número de días de estancia en UCI, días de ventilación mecánica invasiva y se realizó un seguimiento hasta la ocurrencia de muerte o egreso de UCI.

Sesgos

Los sesgos de selección se controlaron con el estricto cumplimiento de los criterios de inclusión y exclusión, los sesgos de información la exigencia del diligenciamiento completo y claro del instrumento de recolección de datos y desestimando los registros dobles o incompletos. Igualmente se realizó un análisis por subgrupos según si la causa que llevo al requerimiento de soporte ventilatorio mecánico se debió a la presencia de COVID 19 y si se realizó el diagnóstico de SDRA en los pacientes. Los posibles errores de características del observador se evitaron por la homogeneidad de los conceptos manejados en los criterios de inclusión, exclusión y definición de términos por parte de los terapeutas respiratorios y fisioterapeutas.

Análisis estadísticos

Los datos fueron analizados utilizando el programa R studio 1.2.5 para Windows. Para describir las características clínicas de la población de estudio se utilizaron, estadísticas descriptivas de acuerdo con el tipo de variable; para las nominales, tablas de distribución de frecuencias, porcentajes y razones. Para las variables cuantitativas, además de las anteriores, medidas de tendencia central (promedio, mediana) y de dispersión (varianza, desviación estándar, rango intercuartílico). Se comparó las características de los pacientes con y sin COVID 19 utilizando t de student para variables numéricas y chi-cuadrado de Pearson para variables nominales. Se midió la correlación entre los parámetros ventilatorios y los desenlaces clínicos (días de estancia en UCI y días de ventilación mecánica invasiva) utilizando la Rho de Spearman.

Para los desenlaces más importantes se establecieron relaciones de dependencia a través de la prueba chi-cuadrado para comparar variables nominales u ordinales, para comparar las variables cuantitativas, se determinó el tipo de distribución de las mismas y si cumplían con los supuestos de distribución normal se utilizaron pruebas paramétricas (t de student, anova) y si no cumplían con estos supuestos se utilizaron pruebas no paramétricas (U de Mann-Whitney, Kruskal Wallis). Además, se realizó el análisis por subgrupos según la patología de ingreso del paciente y la presencia o no del diagnóstico de COVID 19.

se realizó análisis de sobrevida hasta la muerte o alta de UCI mediante regresión de Cox . se comparó los días en ventilación mecánica en subgrupos según el valor del poder mecánico discriminado en tertiles y. Se tomó como desenlace la muerte. Los análisis fueron controlados por sexo, edad, terapia de remplazo renal, soporte inotrópico, relajación neuromuscular, infección por COVID-19 y parámetros ventilatorios. Los parámetros incluidos fueron divididos en tertiles y se incluyó la frecuencia respiratoria, volumen corriente, presión de conducción y poder mecánico. El modelo multivariado 1 se controló por frecuencia respiratoria, volumen corriente y presión de conducción, mientras que el modelo 2 fue controlado por el poder

mecánico. Se obtuvo Hazard ratios y se determinó la significancia con base en el intervalo de confianza 95% (IC 95%).

Resultados

La cohorte incluyó un total de 91 pacientes seguidos durante 1128 días de seguimiento, los cuales fueron ingresados a 3 UCI de la ciudad de Pereira entre junio y octubre de 2020. El 72,5% (n=66) de los pacientes eran de género masculino y la edad promedio era $59,6 \pm 14,9$ años. El promedio del puntaje APACHE II fue $14,5 \pm 7,9$ y SOFA $8,6 \pm 3,4$. COVID fue diagnosticado en 51,6% (n=47) pacientes. El 12,1% (n=11) de los pacientes requirió terapia de remplazo renal, el 41,8% (n=38) recibió soporte inotrópico y/o vasopresor y el 64,8% (n=59) se encontraba bajo relajación neuromuscular. La **tabla 1** muestra las características de los pacientes incluidos, así como la comparación entre los que tenían COVID y los que no. Respecto a los desenlaces clínicos, no se encontraron diferencias significativas entre los grupos de pacientes.

Parámetros ventilatorios

La **tabla 2** muestra los parámetros ventilatorios al inicio y 24 horas después de la instauración de la ventilación mecánica invasiva. Se presentó una reducción significativa en la segunda medición de FiO₂ (de 56 ± 21 a 41 ± 15 , $p < 0,001$) y relación I:E (de $2,7 \pm 0,8$ a $2,4 \pm 0,7$, $p = 0,016$), en comparación con la primera para el total de los pacientes, siendo similar según el estatus de infección por COVID. La frecuencia respiratoria ($p < 0,001$), relación I:E ($p = 0,025$), Fio₂ ($p = 0,003$), PEEP ($p < 0,001$), presión pico ($p = 0,001$), presión meseta ($p < 0,001$), presión de conducción y el poder mecánico ($p < 0,001$) fueron significativamente más altas en los pacientes con COVID, mientras que la compliance dinámica ($p = 0,003$) y compliance estática ($p = 0,001$) eran más altos en los pacientes sin COVID.

El valor promedio del poder mecánico en general hallado fue $22,7 \pm 11,0$ julios/min. En el subgrupo de pacientes con COVID el poder mecánico fue significativamente más alto $26,8 \pm 9$ julios/min que en el subgrupo de pacientes sin diagnóstico de COVID $18,2 \pm 11$ julios/min. ($p < 0,001$).

Desenlaces clínicos

Los desenlaces clínicos de los pacientes pueden verse en la **tabla 1**. En promedio, los pacientes estuvieron $12,3 \pm 6,2$ días en UCI y $9,2 \pm 5,6$ días con soporte ventilatorio mecánico invasivo. La muerte fue el desenlace de la estancia en el servicio en 62,6% (n=57) de los pacientes. No se encontraron diferencias significativas en la ocurrencia de desenlaces entre los grupos con y sin COVID-19.

Como se puede ver en el gráfico 1, se comparó los días de ventilación mecánica y estancia en UCI según los tertiles de frecuencia respiratoria, presión de conducción, volumen corriente y potencia mecánica utilizando la prueba de Kruskal-wallis. Se encontró una diferencia significativa en los días de ventilación mecánica ($p = 0,002$) y estancia en UCI ($p = 0,005$) respecto a los tertiles de potencia mecánica en los pacientes con COVID. No se encontraron diferencias en los pacientes sin COVID ni según los otros parámetros ventilatorios.

La **tabla 3** muestra el análisis de sobrevida mediante regresión de Cox para el riesgo de muerte, controlado por sexo, edad, terapia de remplazo renal, soporte inotrópico, relajación neuromuscular, infección por COVID-19 y parámetros ventilatorios. El modelo multivariado 1 se controló por frecuencia respiratoria, volumen corriente y presión de conducción, mientras que el modelo 2 fue controlado por el poder mecánico. Se encontró una asociación entre la relajación neuromuscular y el tiempo hasta la muerte en el modelo 1 (RR=0,199, IC95%: 0,052-0,762) pero no en el 2.

El **grafico 2** muestra la sobrevida de los pacientes con ventilación mecánica invasiva, en el gráfico A se observa la sobrevida según los tertiles de poder mecánico sin encontrar diferencias significativas en los grupos. En el grafico B se observa la sobrevida según el uso de relajación neuromuscular observándose un mayor porcentaje de sobrevida y menos días de estancia en uci en el grupo de pacientes en el que se utilizó.

TABLAS

Tabla 1. Características de los pacientes con ventilación mecánica

	Total (N=91)		COVID Negativo (N=44)		COVID Positivo (N=47)		Valor p
	n	%	n	%	n	%	
Sexo							
Femenino	25	27,5	14	31,8	11	23,4	0,807
Masculino	66	72,5	30	68,2	36	76,6	
Edad	59,6±14,9		61,3±17,0		58,1±12,5		0,302
<45 años	15	16,5	9	20,5	6	12,8	0,007
45-64	38	41,8	24	54,5	14	29,8	
>65 años	38	41,8	11	25,0	27	57,4	
Enfermedad respiratoria previa	21	23,1	12	27,3	9	19,1	0,358
SDRA Severo	34	37,4	13	29,5	21	44,7	
APACHE II	14,5±7,9		15,6±4,7		13,9±9,5		0,680
SOFA	8,6±3,4		9,0±4,0		8,2±2,7		0,306
Terapia de remplazo renal Soporte	11	12,1	6	13,6	5	10,6	0,661
inotrópico/vasopresor	38	41,8	23	52,3	15	31,9	0,049
Relajación neuromuscular	59	64,8	13	29,5	46	97,9	<0,001
Desenlaces							
Días en UCI	12,3±6,2		11,5±7,1		13,2±5,1		0,199
Días de soporte VMI	9,2±5,6		9,1±5,1		11,1±4,7		0,099
Días libres de ventilación	2,3±3,1		2,2±3,5		2,0±2,7		0,675
Muerte	57	62,6	26	59,1	31	66,0	0,499

Tabla 2. Parámetros ventilatorios iniciales y a las 24 horas de soporte VMI en tres hospitales de Pereira, Colombia.

Parámetros ventilatorios	Total (N=91)			COVID-19 Negativo (N=44)			COVID-19 Positivo (N=47)			Valor p*
	Pre	Post	Valor p	Pre	Post	Valor p	Pre	Post	Valor p	
Frecuencia respiratoria	21±5	20±6	0,10	18±4	17±6	0,81	23±5	24±4	0,04	<0,001
	2,7±0,8	2,4±0,7	0,01	2,8±0,9	2,6±0,8	0,05	2,5±0,6	2,3±0,4	0,06	0,02
Relación i:e	434±5	431±50	0,85	433±5	427±5	0,31	435±4	435±4	0,29	0,82
Volumen corriente	6,95±0,84	6,91±0,87	0,95	7,04±0,97	6,95±1,01	0,36	6,87±0,68	6,87±0,73	0,32	0,32
Volumen (mL/Kg)	56±21	41±15	<0,001	50±19	38±13	<0,001	63±22	43±17	<0,001	0,00
Fio2	135±6			164±7			107±3			<0,001
Pafi	9±2	9±2	0,14	8±2	9±3	0,84	10±2	10±1	0,22	<0,001
PEEP (cm H2O)	31±8,7	30±8	0,09	27,8±9,6	28±10	0,28	34±6,6	32±6	0,90	0,00
Presión pico	21±6	20±4	0,03	18±5	19±4	0,22	23±5	22±4	0,51	<0,001
Presión de conducción	11±5	11±3	0,07	10±4	10±3	0,22	13±5	12±3	0,84	0,00
Compliance dinámica	23,7±11,1	23,34±9,21	0,47	27,3±13,1	25,9±10,8	0,73	20,2±7,4	20,9±6,7	0,38	0,00
Compliance estática	44,6±20,0	43,8±15,8	0,15	52,1±24,5	48,4±19,0	0,68	37,6±10,9	39,6±10,5	0,27	0,00
Potencia o poder mecánico	22,7±11,0	22,4±1,3	0,76	18,2±11,2	17,2±11,0	0,74	26,8±9,2	27,2±9,4	0,35	<0,001

*Valor de p para la diferencia entre pacientes con y sin COVID-19

Tabla 3. Análisis mediante regresión de Cox para el riesgo de muerte en pacientes con soporte ventilatorio con y sin COVID-19 en tres hospitales de Pereira, Colombia.

Variables	Modelo crudo			Modelo 1 ajustado			Modelo 2 ajustado		
	OR	IC95%		OR	IC95%		OR	IC95%	
Sexo									
Femenino	1			1					
Masculino	0,61	0,35	1,06	0,72 7	0,38 1	1,386	0,550	0,295	1,026
Edad									
<45 años	1			1			1		
45-64	0,96	1,04	0,4	1,26 3	0,41 7	3,829	1,043	0,422	2,576
>65 años	1,14	0,87	0,5	1,25 8	0,45 2	3,505	1,033	0,418	2,552
Terapia de remplazo renal	1,45 6	0,65	3,24	1,23 3	0,48 4	3,141	1,564	0,666	3,676
		0,51		0,59	0,26				
Soporte inotrópico/vasopresor	0,88	0	1,51	8	5	1,349	0,889	0,476	1,662
Relajación neuromuscular	0,77	0,44	1,34	0,19 9	0,05 2	0,762	0,490	0,183	1,310
COVID	1,03	0,6	1,75	1,14 7	0,45 6	2,885	1,632	0,684	3,894
Parámetros ventilatorios									
Frecuencia respiratoria									
12 a 17	1			1					
18 a 21	0,90 6	0,46 2	1,77 5	2,55 4	0,76 4	8,539			
26 a 35	1,30 6	0,69 7	2,44 5	3,23 6	0,90 9	11,52 7			
Volumen corriente									
330 a 399	1			1					
400 a 459	0,94 0	0,52 0	1,70 0	1,07 0	0,53 2	2,153			
460 a 562	0,60 3	0,28 0	1,30 1	0,48 3	0,19 2	1,217			
Presión de conducción									
3 a 9	1			1					
10 a 11	1,45 3	0,74 2	2,84 5	1,76 5	0,82 1	3,797			
12 a 26	1,39 0	0,75 3	2,56 6	1,85 2	0,85 1	4,029			
Poder mecánico									
4 a 16	1								
17 a 25	0,89 0	0,46 6	1,69 8				0,987	0,451	2,161
26 a 63	1,09 5	0,57 2	2,09 6				1,432	0,643	3,187

Gráfico 1. Promedio de días en unidad de cuidados intensivos (UCI) y días de ventilación mecánica invasiva (VMI) según los tertiles de parámetros ventilatorios en pacientes con ventilación mecánica invasiva en 3 unidades de cuidado intensivo de Pereira, Colombia.

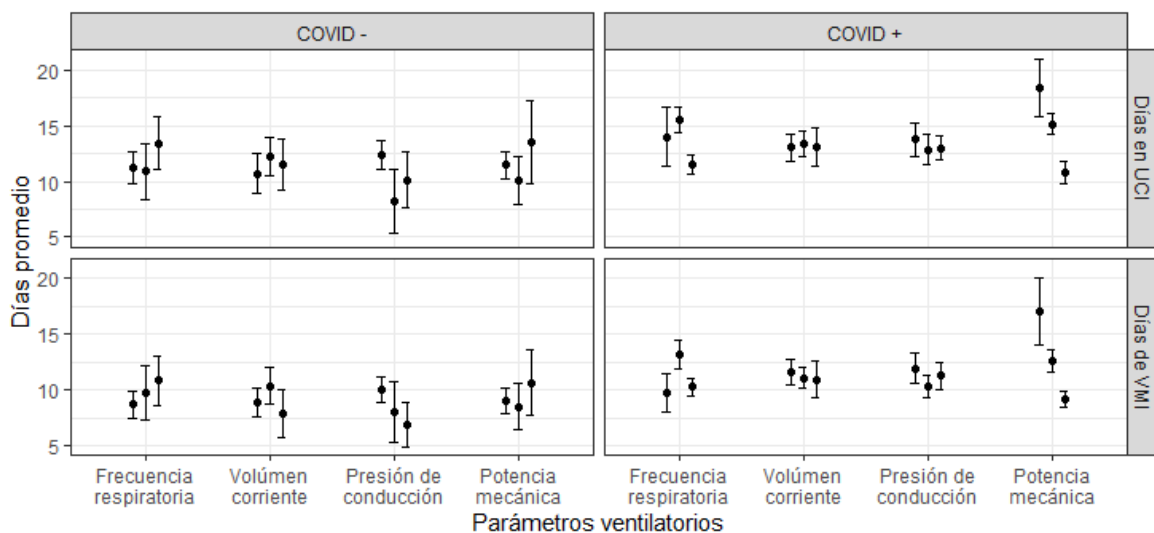
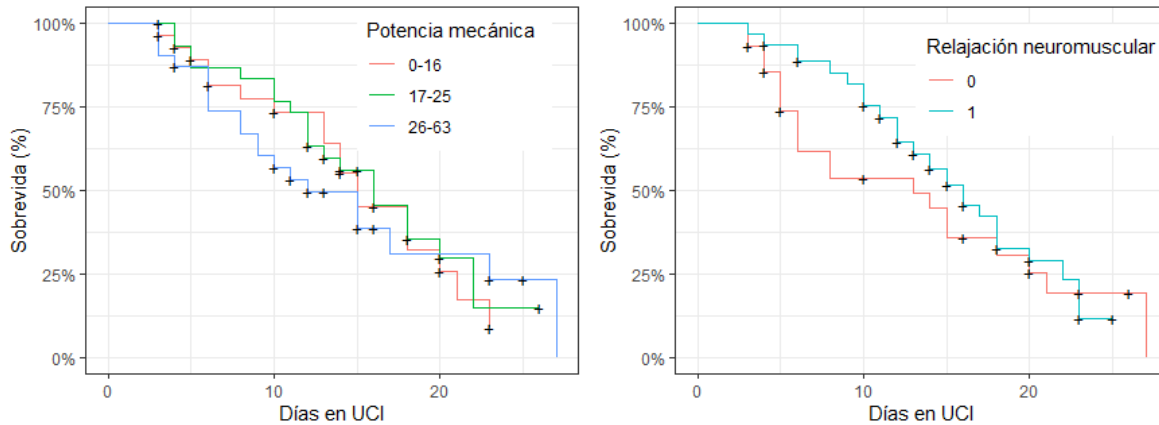


Gráfico 2. Sobrevida de los pacientes con ventilación mecánica invasiva en 3 unidades de cuidado intensivo de Pereira, Colombia. El gráfico A muestra la sobrevida según los tertiles de poder mecánico y el B según el uso de relajación neuromuscular al momento de intubación.



DISCUSIÓN

La lesión pulmonar inducida por la ventilación (VILI) es resultado de la relación entre la energía que el ventilador administra al parénquima pulmonar y la forma en que este la acepta, es decir en un extremo se encuentran las causas de VILI generadas por el ventilador, que incluyen las presiones, el volumen, el flujo y la frecuencia respiratoria y en el otro extremo están las condiciones que favorecen la lesión pulmonar principalmente la cantidad de edema pulmonar, la disminución de las dimensiones del pulmón, la falta de homogeneidad pulmonar, el colapso cíclico y pérdida de la distensibilidad además de los factores extrapulmonares como la perfusión, el pH y la temperatura durante el soporte ventilatorio mecánico donde todos estos factores interactúan⁽¹⁰⁻¹¹⁾.

Este estudio comparó los parámetros ventilatorios del ventilador mecánico y su relación con los desenlaces clínicos de los pacientes con y sin infección por COVID-19. Se encontró que los pacientes con COVID requerían valores significativamente más altos en diferentes parámetros del ventilador, dando como resultado una potencia mecánica elevada (26,8 jul/min). Ninguno de los parámetros ventilatorios fue significativo en el análisis de sobrevida, mientras que los días de estancia en UCI y días de ventilación mecánica disminuyeron con el aumento de la potencia mecánica en los pacientes con COVID.

La mayoría de estudios sobre VILI, se concentran en los componentes estáticos de la ventilación, existen otros factores importantes que están relacionados con el desarrollo de VILI, entre los que se encuentran: la frecuencia respiratoria que determina cuantas veces por minuto se administra un potencial barotrauma o volutrauma⁽¹²⁾; De hecho, los efectos de la frecuencia respiratoria en el desarrollo de VILI, se han descrito en experimentos con animales en los que se demostró la relevancia que tiene la frecuencia respiratoria en el desarrollo del daño pulmonar, dado que se presenta solo después de que se ha administrado al pulmón una cantidad determinada de ciclos de tensión(stress) y deformación(strain).

El flujo inspiratorio es otra variable relacionada con el desarrollo de VILI y puede considerarse como la velocidad a la que se produce una determinada tensión en el pulmón, el flujo inspiratorio alto acentúa el daño al parénquima pulmonar ya que éste se comporta como un cuerpo viscoelástico y cuando la insuflación se produce rápidamente la adaptación viscoelástica no tiene tiempo para disipar las fuerzas potencialmente dañinas; La velocidad de flujo asume un papel mayor en un pulmón mecánicamente heterogéneo⁽¹³⁾. Se cuentan con predictores tanto dinámicos como estáticos, pero tradicionalmente las estrategias de ventilación de protección pulmonar se han centrado en medidas y características estáticas del ciclo tidal como son el volumen tidal (Vt), presión meseta(Pplat), PEEP y recientemente la presión de conducción (ΔP driving pressure), la importancia de estas medidas están basadas en experimentos en animales y los datos clínicos que respaldan su importancia⁽¹⁴⁻²⁵⁾. El grupo del Dr. Gattinoni expresa que todos los factores mecánicos implicados en la ventilación, es decir, el volumen corriente, la presión de conducción, el flujo, las resistencias, la frecuencia respiratoria y la PEEP, son componentes diferentes de una variable física única, que es la energía suministrada a lo largo del tiempo, es decir, el poder mecánico⁽⁵⁾. La ecuación de poder mecánico se deriva de la ecuación del movimiento respiratorio en la cual la presión en el sistema respiratorio tiene un componente elástico necesario para distender el parénquima pulmonar, un componente resistivo necesario para hacer avanzar el flujo de aire contra las resistencias de la vía aérea y un componente inercial debido a los cambios en el parénquima pulmonar causados por la aceleración del volumen^(3, 4). Con la adición de la PEEP en cualquier momento dado, la presión en todo el sistema respiratorio es igual a:

$$P = ELrs \cdot \Delta V + Raw \cdot F + PEEP$$

(P: presión en el sistema respiratorio en cualquier momento dado. ELrs: elastancia total del sistema respiratorio. ΔV : volumen tidal. Raw: resistencia de las vías respiratorias. F: flujo. PEEP: presión positiva al final de la espiración.)

Se origina VILI a partir de la interacción entre la potencia mecánica transferida al parénquima pulmonar ventilable y las características anatomopatológicas del pulmón.

La infección por SARS-CoV2 genera una patología cuyo comportamiento clínico es aún desconocido y plantea retos en la práctica clínica en el contexto de la pandemia. Un porcentaje variable (14-30%) de pacientes puede progresar de la presentación leve a la neumonía severa y a SDRA, que tiene características clínicas e histopatológicas heterogéneas y suscitan un reto al intensivista en relación con la implementación de estrategias terapéuticas. La ventilación mecánica hace parte del espectro de medidas terapéuticas que permite “comprar tiempo” mientras los procesos fisiopatológicos se regulan. Es necesario un avance en términos de la comprensión de los fenotipos y el sustrato fisiológico que ayuden a definir los parámetros del ventilador. El tratamiento basado en la evidencia de la infección por SARS-CoV2 se encuentra aún en construcción, pero tenemos herramientas del conocimiento previamente adquirido en el cual se indica un manejo escalonado, sin descuidar otras medidas terapéuticas conjuntas con el fin de mejorar los resultados clínicos de una condición que tiene de base un riesgo alto de mortalidad. Aun no hay evidencia fuerte sobre la individualización de la terapia de ventilación mecánica

según los fenotipos⁽²⁶⁾.

En nuestro estudio se logró una muestra de 91 pacientes la principal causa de ventilación mecánica en pacientes sin diagnóstico de COVID19 fue la falla respiratoria hipoxémica secundaria a infección aguda del sistema respiratorio. El diagnóstico SDRA se realizó en el 44,7% de los pacientes con diagnóstico de COVID19. El promedio de los parámetros ventilatorios iniciales utilizados fue volumen corriente de $6,95 \pm 0,84$ ml/kg. La monitoria de las presiones medidas fueron la presión pico, presión meseta, presión de conducción, compliance dinámica y compliance estática. El poder mecánico fue significativamente más alto en los pacientes con COVID19, mientras que la compliance dinámica y compliance estática fueron más altos en los pacientes sin COVID19. Se presentó una reducción significativa en la segunda medición de FiO₂ y relación I:E, en comparación con la primera para el total de los pacientes, siendo similar según el estatus de infección por COVID19. El valor promedio del poder mecánico en general hallado fue $22,7 \pm 1$ julios/min. En el subgrupo de pacientes con COVID el poder mecánico fue significativamente más alto que en los pacientes sin diagnóstico de COVID. En los pacientes con mayores valores de poder mecánico hubo una relación con mayor soporte ventilatorio en términos de días de ventilación mecánica y estancia en UCI, pero la mortalidad y la ocurrencia de desenlaces fue similar entre los grupos con y sin COVID-19. No se encontró relación del poder mecánico en el análisis de sobrevida mediante regresión de Cox para el riesgo de muerte.

Los valores de poder mecánico encontrados están acordes con los reportados por estudios de cohorte de bases de datos internacionales, se documentó un mayor valor de poder mecánico en pacientes con COVID y en el análisis por tertiles no se observaron diferencias significativas intergrupos y no se encontró relación del poder mecánico en el análisis de sobrevida mediante regresión de Cox para el riesgo de muerte. Hay que tener en cuenta, que no hay evidencia científica contundente hasta el momento que indique cual es el valor límite de poder mecánico en la población con infección por SARS-COV-2 sometida a ventilación mecánica invasiva, e incluso en la población de SDRA por otras causas, los valores de poder mecánico han sido heterogéneos en los diferentes estudios publicados hasta el momento.

Limitaciones: Las limitaciones son inherentes a los estudios de cohorte observacional, las diferencias poblaciones con referencia a las causas de ventilación mecánica, y en el marco de la pandemia por COVID-19 la heterogeneidad en las características pulmonares y ventilatorias de los pacientes, por lo cual se realizaron análisis por subgrupos como se describió. En general, una de las limitaciones del estudio corresponde a la diferencia en la toma de las mecánicas ventilatorias por personal diferente tratándose de un estudio multicéntrico, aunque se hicieron seguimiento al personal de terapia respiratoria para la correcta aplicación del protocolo. En relación con la posición de los pacientes, la variable de ventilación en prono no se describió en el diseño inicial, y por factores fisiológicos propios de la posición, pueden alterar los resultados de la mecánica ventilatoria. En nuestro estudio se observó un mayor porcentaje de

sobrevida y menos días de estancia en UCI en el grupo de pacientes en el que se utilizó relajantes neuromusculares, pero se requiere de un estudio diseñado específicamente para comprobar esta relación. Sugerimos la necesidad de estudios prospectivos que evalúen el valor de poder mecánico tanto al ingreso como en el seguimiento a las 24 y 48 horas, incluso evaluando los valores en el día 8 de uso de la estrategia de ventilación mecánica. Nuestro estudio abre la puerta a futuras investigaciones en el campo del poder mecánico en pacientes con SDRA por COVID19 y plantea la necesidad de monitorización permanente en este grupo de pacientes cometidos a la ventilación mecánica.

CONCLUSIÓN

La monitorización continua de la ventilación mecánica favorece un abordaje terapéutico seguro. El poder mecánico elevado es una variable que se ha descrito como predictora de desenlaces desfavorables en los pacientes sometidos a ventilación mecánica tomando en cuenta el sustrato fisiológico de la ecuación del movimiento. No obstante, no es claro el valor específico de poder mecánico límite para asegurar una ventilación protectora en todos los grupos de pacientes manejados con ventilación mecánica. El presente estudio encontró un valor de poder mecánico promedio de $22,7 \pm 1$ julios/min en la cohorte de pacientes. El valor del poder mecánico fue mayor en los pacientes con COVID 19, relacionándose con los días de ventilación mecánica y estancia en UCI, sin encontrarse una relación en el análisis de sobrevida mediante regresión de Cox con mortalidad. Los resultados son interesantes y novedosos, y abren el camino a futuras investigaciones en el campo del poder mecánico como variable a evaluar en la monitoria rutinaria de la ventilación mecánica.

AGRADECIMIENTOS.

- Dr. Carlos Mario Sánchez Director UCI. Clínica Los Rosales. Pereira-Colombia.
- Dr. Carlos Alberto Marulanda Director UCI. Hospital Universitario San Jorge. Pereira-Colombia.
- Dr. Juan Carlos Cobo Director UCI. Clínica Comfamiliar Risaralda. Pereira-Colombia.

Author Contributions.

- **ARP:** Study concept and design, Acquisition, analysis and interpretation of data, Drafting of the manuscript, Critical revision of the manuscript for important intellectual content, Original material and construction of images and tables, Administrative, technical, and material support, Study supervision
- **JAE:** Study concept and design, Acquisition, analysis and interpretation of data, Drafting of the manuscript, Critical revision of the manuscript for important intellectual content, Original material and construction of images and tables, Administrative, technical, and material support, Study supervision
- **GS:** Study concept and design, Drafting of the manuscript, Critical revision of the manuscript for important intellectual content, Original material and construction of images and tables, Study supervision

- **JFGG:** Study concept and design, Drafting of the manuscript, Critical revision of the manuscript for important intellectual content, Original material and construction of images and tables, Administrative, technical, and material support, Study supervision
- **DAR:** Critical revision of the manuscript for important intellectual content, Study supervision. Interpretation of data, Drafting of the manuscript. Administrative, technical, and material support
- **PM:** Study concept and design, analysis and interpretation of data, Drafting of the manuscript, Original material and construction of images and tables, Administrative, technical, and material support, Statistical analysis
- **AVL:** Acquisition, analysis and interpretation of data, construction of tables, administrative, technical, and material support. Drafting of the manuscript.
- **MAF:** Revision of the manuscript, English translation. Administrative, technical, and material support.

Todos los autores aprobaron el manuscrito final tal como se envió y acuerdan ser responsables de todos los aspectos del trabajo.

COLABORADORES:

- **Grupo Terapia respiratoria Clínica Los Rosales:** Angie Vanessa Lara Martínez. Fisioterapeuta especialista en cuidado crítico del adulto.
- **Grupo Terapia respiratoria Hospital Universitario San Jorge:** Oscar Edwin Moncayo Arboleda. Terapeuta respiratorio. Francia Milena Vásquez González. Terapeuta respiratoria.
- **Grupo Terapia respiratoria Clínica Comfamiliar:** Ángela María Martínez Ávila. Terapeuta respiratoria. Especialista en Terapia Respiratoria en Cuidado Crítico. Luz Angélica Osorio Gallo. Terapeuta respiratoria.

Financiación: Recursos de los autores principales.

Conflicto de intereses. Los autores no reportan ningún conflicto de intereses.

REFERENCIAS

1. Chiappero GR, & Villarejo, F. Ventilación mecánica: libro del Comité de Neumonología Crítica de la SATI2010.
2. Vasques F, Duscio E, Cipulli F, Romitti F, Quintel M, Gattinoni L. Determinants and Prevention of Ventilator-Induced Lung Injury. Crit Care Clin. 2018;34(3):343-56.
3. Marini JJ, Jaber S. Dynamic predictors of VILI risk: beyond the driving pressure. Intensive Care Med. 2016;42(10):1597-600.

4. Gattinoni L, Marini JJ, Collino F, Maiolo G, Rapetti F, Tonetti T, et al. The future of mechanical ventilation: lessons from the present and the past. *Crit Care*. 2017;21(1):183.
5. Gattinoni L, Tonetti T, Cressoni M, Cadringer P, Herrmann P, Moerer O, et al. Ventilator-related causes of lung injury: the mechanical power. *Intensive Care Med*. 2016;42(10):1567-75.
6. Katira BH. Ventilator-Induced Lung Injury: Classic and Novel Concepts. *Respir Care*. 2019;64(6):629-37.
7. Cressoni M, Gotti M, Chiurazzi C, Massari D, Algieri I, Amini M, et al. Mechanical Power and Development of Ventilator-induced Lung Injury. *Anesthesiology*. 2016;124(5):1100-8.
8. Serpa Neto A DR, Johnson AE, Bos LD. Mechanical power of ventilation is associated with mortality in critically ill patients: an analysis of patients in two observational cohorts. *Intensive Care Med* 2018;44(11):1914-22.
9. Rosas Sánchez K, Gutiérrez Zárate, D., & Cerón Díaz, U. W. Asociación y valor predictivo del poder mecánico con los días libres de ventilación mecánica. *Medicina Crítica*, 31(6), 320-325. 2018.
10. Parrillo JE. General Principles of Mechanical Ventilation. 2019. In: *Critical Care Medicine: Principles of Diagnosis and Management in the Adult* [Internet]. [129-43].
11. Aoyama H, Yamada Y, Fan E. The future of driving pressure: a primary goal for mechanical ventilation? *J Intensive Care*. 2018;6:64.
12. Beitler JR, Malhotra A, Thompson BT. Ventilator-induced Lung Injury. *Clin Chest Med*. 2016;37(4):633-46.
13. Garcia-Prieto E, Amado-Rodriguez L, Albaiceta GM, por el grupo de Insuficiencia Respiratoria Aguda de la S. [Monitorization of respiratory mechanics in the ventilated patient]. *Med Intensiva*. 2014;38(1):49-55.
14. Silva PL, Rocco PRM. The basics of respiratory mechanics: ventilator-derived parameters. *Ann Transl Med*. 2018;6(19):376.
15. Brower RG, Lanken PN, MacIntyre N, Matthay MA, Morris A, Ancukiewicz M, et al. Higher versus lower positive end-expiratory pressures in patients with the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med*. 2004;351(4):327-36.
16. Leopoldo E. Ferrer. M, Guillermo Ortiz., MD, Édgar Celis. Tratado de ventilación mecánica. Un enfoque interdisciplinario. . In: Distribuna, editor. Distribuna ed2017.
17. Brower RG MM, Morris A, Schoenfeld D, Thompson BT, Wheeler A. Ventilation with lower tidal volumes as compared with traditional tidal volumes for acute lung injury and the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med*. 2000;May 4;342(18):1301-8.
18. Amato MB, Meade MO, Slutsky AS, Brochard L, Costa EL, Schoenfeld DA, et al. Driving pressure and survival in the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med*. 2015;372(8):747-55.
19. Chiumello D, Carlesso E, Brioni M, Cressoni M. Airway driving pressure and lung stress in ARDS patients. *Crit Care*. 2016;20:276.

20. Laffey JG, Bellani G, Pham T, Fan E, Madotto F, Bajwa EK, et al. Potentially modifiable factors contributing to outcome from acute respiratory distress syndrome: the LUNG SAFE study. *Intensive Care Med.* 2016;42(12):1865-76.
21. Slutsky AS, Ranieri VM. Ventilator-induced lung injury. *N Engl J Med.* 2013;369(22):2126-36
22. Yoshida T UA, Matsuura N, Mashimo T, Fujino Y. Spontaneous breathing during lung-protective ventilation in an experimental acute lung injury model: high transpulmonary pressure associated with strong spontaneous breathing effort may worsen lung injury. *Crit Care Med.* 2012; May;40(5):1578-85.
23. Gattinoni La, b; Carlesso, Eleonora a; Caironi, . Stress and strain within the lung. *Current Opinion in Critical Care* 2012;18(1)::42-7,.
24. Rahaman U. Mathematics of Ventilator-induced Lung Injury. *Indian J Crit Care Med.* 2017;21(8):521-4.
25. Chiumello D, Carlesso E, Cadringer P, Caironi P, Valenza F, Polli F, et al. Lung stress and strain during mechanical ventilation for acute respiratory distress syndrome. *Am J Respir Crit Care Med.* 2008;178(4):346-55.
26. Avila D, Garc.a B, Salazar G, et al. Mechanical ventilation in sars-cov-2 patients: state of art. narrative review.

ANEXO 1. INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA CORRELACIÓN ENTRE EL PODER MECÁNICO Y DÍAS LIBRES DE VENTILACIÓN MECÁNICA EN TRES UNIDADES DE CUIDADOS INTENSIVOS DE LA CIUDAD PEREIRA ENTRE JULIO Y AGOSTO DE 2020

DATOS SOCIODEMOGRAFICOS		
Fecha (D-M-A)	Institución	
DI paciente	Sexo	M ____ F ____
Edad (años)	Peso (kg)	Talla (cm)
DATOS DE LA HOSPITALIZACIÓN		
Fecha de hospitalización (d-m-a)		
Fecha de ingreso a uci (d-m-a)		
Diagnóstico de ingreso a UCI		
VARIABLES CLÍNICAS	SOFA score	APACHE II
Volumen corriente	FR	pH

paCO2 mm Hg	pO2 mm Hg	PEEP
Relación PaO2/ FiO2	Presión meseta (cm H2O)	
Presión de distensión cmH2O	Potencia mecánica J/min	
Marque	Si	No
Terapia de reemplazo renal		
Soporte vasopresor		
Soporte inotrópico		
SDRA severo		
Shock séptico		
DESENLACES		
Días libres de ventilación mecánica	Días de estancia en UCI	
Diagnóstico de patología pulmonar Si____ No ____		
Diagnóstico de SDRA durante hospitalización en UCI Si____ No ____		
Tipo de falla respiratoria aguda I ____ II ____ III ____ IV ____		
Clasificación severidad falla respiratoria por PaO2/FiO2 Leve ____ Moderado ____ Severo ____		

ANEXO 2. PROTOCOLO DE MECÁNICA VENTILATORIA

Procedimiento para realizar el cálculo del poder mecánico.

- Para el cálculo del poder mecánico se utilizarán la fórmula simplificada propuesta por el grupo del Dr. Gattinoni: poder mecánico (J/min) = 0.098 x(Pmeseta-PEEP) x Vc x PEEP
- Las variables utilizadas para el cálculo del poder mecánico se obtienen de la hoja de monitoreo de la ventilación mecánica y los parámetros programados al ventilador mecánico.

Mecánica ventilatoria

Es un procedimiento, realizado rutinariamente en los pacientes en ventilación mecánica invasiva, idealmente bajo relajación neuromuscular, con el fin de obtener datos correspondientes al estado del sistema respiratorio, los cuales nos ayudan a brindar un manejo seguro mediante los parámetros programados en el ventilador. Los datos obtenidos mediante la monitorización llevada a cabo en este

procedimiento, son: presión inspiratoria, presión meseta, presión media, distensibilidad dinámica (volumen espirado dividido sobre la presión inspiratoria menos la presión positiva al final de la espiración) y estática (volumen espirado dividido presión meseta menos presión positiva al final de la espiración), presión de conducción (presión meseta menos presión positiva al final de la espiración), resistencias de la vía aérea (Diferencia entre la presión pico menos presión positiva al final de la espiración dividida sobre el flujo por un segundo).

Procedimiento: Al paciente que se encuentre ventilación mecánica invasiva bajo sedación y según criterio del médico tratante con relajación neuromuscular, se realizará mecánica respiratoria, según el procedimiento anteriormente descrito, a las 24 horas de inicio del soporte ventilatorio y la segunda medición se realizará a las 24 horas de la primera medición. Estas mediciones se realizarán en modo ventilatorio volumen control, se programan las frecuencias respiratorias, volumen corriente ajustado al peso ideal del paciente (talla en cm menos 152.9, multiplicado por 0.91, esto sumado a 45 en mujeres y 50 en hombres), fracción inspirada de oxígeno, tiempo inspiratorio para una relación inspiración-espiración 1:2.0 y presión positiva al final de la espiración, los cuales son programados por el intensivista encargado del paciente de acuerdo con las condiciones de cada paciente; para llevar a cabo el procedimiento, se debe tener en cuenta que debe estar sin el modo Autoflow activado, ya que este regula las presiones de la vía aérea, dando resultados diferentes a las condiciones reales del paciente, acto seguido, iniciando con una presión positiva al final de la espiración en 20 cmH₂O durante 10 ciclos respiratorios, se hará una pausa inspiratoria de 0.3 segundos observando la gráfica presión tiempo a flujo cero, monitorizando los datos anteriormente citados, posteriormente se disminuye la presión positiva al final de la espiración disminuyendo 2 cmH₂O la cual se mantiene durante 10 respiraciones para realizar la siguiente pausa inspiratoria y nuevamente obtener los datos ya mencionados, así de forma sucesiva hasta llegar a los 7 cmH₂O de presión positiva al final de la espiración, y luego de forma ascendente hasta llegar al PEEP óptimo del paciente incluyendo todo los valores de PEEP. El objetivo de esta maniobra es encontrar el valor de la presión positiva al final de la espiración, donde se encuentre la mejor distensibilidad, las menores presiones de la vía aérea que incluyen la presión de conducción y la presión meseta, generando el menor compromiso hemodinámico y disminuyendo riesgo de pérdida de reclutamiento. Con estos datos podemos obtener los componentes involucrados en la fórmula del poder mecánico, para cumplir el objetivo de este estudio. Cabe resaltar, que en caso de sedación sin relajación neuromuscular es necesario calcular el índice de asincronía (número de eventos de asincronía, sobre frecuencia respiratoria total, multiplicado por 100) el cual debe ser menor al 10%, para asegurar una adecuada interpretación de datos. Las mediciones respectivas serán realizadas parte de un terapeuta respiratorio, los datos requeridos para realizar la fórmula se encuentran dentro de la mecánica ventilatoria que se realiza a los pacientes en cada unidad y los parámetros ventilatorios configurados.

Se obtuvieron los registros de las siguientes variables: volumen tidal (V_t), nivel de PEEP, presión pico (P_{pico}), frecuencia respiratoria (Fr), relación inspiración:

espiración (I:E), tiempo inspiratorio (Ti), y durante una pausa inspiratoria se registrará presión meseta de la vía aérea (Pplat).

Las variables secundarias serán calculadas de la siguiente forma:

- Distensibilidad (C) = $V_t/(P_{plat}-PEEP)$, se realizará medición de Compliance dinámica y estática esta última se realizará sólo si el paciente por indicación médica se encuentra bajo relajación neuromuscular. Si se realiza el cálculo de la compliance dinámica se tendrá en cuenta que el índice de asincronía se encuentre por debajo del 10% para garantizar la confiabilidad de las medidas realizadas.

- Elastancia (E) = $1/C$

- Presión de conducción de la vía aérea (ΔP_{aw}) = $P_{plat}-PEEP = V_t/C = E V_t$

El cálculo del poder mecánico (MP) se llevará a cabo con la fórmula simplificada propuesta por Gattinoni y su equipo (5):

Poder mecánico (Julio/min) = $0.098 \times (\text{frecuencia respiratoria}) \times (\text{volumen tidal}) \times [\text{presión pico} - (\Delta P/2)]$.